



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

CCITT

O.150

COMITÉ CONSULTATIF
INTERNATIONAL
TÉLÉGRAPHIQUE ET TÉLÉPHONIQUE

(10/92)

**SPÉCIFICATIONS DES APPAREILS
DE MESURE**

**SÉQUENCES D'ESSAI NUMÉRIQUES
POUR LA MESURE DE LA QUALITÉ
DE FONCTIONNEMENT DES ÉQUIPEMENTS
DE TRANSMISSION NUMÉRIQUE**



Recommandation O.150

AVANT-PROPOS

Le CCITT (Comité consultatif international télégraphique et téléphonique) est un organe permanent de l'Union internationale des télécommunications (UIT). Il est chargé de l'étude des questions techniques, d'exploitation et de tarification, et émet à ce sujet des Recommandations en vue de la normalisation des télécommunications à l'échelle mondiale.

L'Assemblée plénière du CCITT, qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'étude et approuve les Recommandations rédigées par ses Commissions d'études. Entre les Assemblées plénières, l'approbation des Recommandations par les membres du CCITT s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution n° 2 du CCITT (Melbourne, 1988).

La Recommandation O.150, élaborée par la Commission d'études IV, a été approuvée le 5 octobre 1992 selon la procédure définie dans la Résolution n° 2.

REMARQUE

Dans cette Recommandation, le terme «Administration» désigne indifféremment une administration de télécommunication ou une exploitation privée reconnue.

© UIT 1993

Droits de reproduction réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'UIT.

Recommandation O.150

SÉQUENCES D'ESSAI NUMÉRIQUES POUR LA MESURE DE LA QUALITÉ DE FONCTIONNEMENT DES ÉQUIPEMENTS DE TRANSMISSION NUMÉRIQUE

(1992)

Résumé

Définit toutes les séquences d'essai numériques mentionnées dans les Recommandations de la série O.

Mots clés

- appareil d'essai;
- mesure;
- séquences d'essai numériques;
- séquences d'essai pseudo-aléatoires.

1 Introduction

La présente Recommandation présente brièvement les différentes séquences d'essai numériques spécifiées dans les Recommandations de la série O. Elle vise à aider les utilisateurs à choisir les séquences correspondant le mieux à différentes applications.

2 Intérêt des séquences d'essai normalisées

La mesure du taux d'erreur sur les bits est essentielle pour évaluer la qualité de transmission des équipements numériques. La mesure des erreurs dites «vraies», qui permet de déceler chaque erreur, n'est possible que si le contenu binaire de la séquence utilisée pour la mesure est parfaitement connu. Etant donné qu'elle est par nature aléatoire, cette condition n'est généralement pas remplie dans le trafic en conditions réelles.

En conséquence, il faut définir des séquences d'essai reproductibles, capables de simuler le mieux possible le trafic réel. Ces séquences d'essai reproductibles sont également indispensables pour pouvoir effectuer des mesures de bout en bout.

Le recours aux séquences pseudo-aléatoires est le moyen le plus couramment utilisé pour résoudre ce problème. Outre les chaînes de n ZÉRO consécutifs (signal inversé) et de $n - 1$ UN consécutifs, ces séquences contiennent n'importe quelle combinaison possible de ZÉRO et de UN dans une chaîne dont la longueur dépend de n . Voir le § 3 pour la valeur de n .

Le CCITT a spécifié des séquences pseudo-aléatoires de différentes longueurs.

3 Caractéristiques des séquences d'essai pseudo-aléatoires

Les caractéristiques d'une séquence d'essai devraient satisfaire aux spécifications du système à l'essai. En général, il faut que la longueur d'une séquence pseudo-aléatoire augmente proportionnellement avec le débit binaire auquel les mesures sont effectuées, de façon à éviter une fréquence de répétition de la séquence qui serait trop élevée et ne correspondrait pas à la situation rencontrée dans la pratique.

Les séquences pseudo-aléatoires peuvent être produites au moyen de registres à décalage comportant une réinjection appropriée. Si le registre à décalage comporte n étages, la longueur maximale de la séquence sera de $2^n - 1$ bits.

Si le signal numérique provient directement de la sortie du registre à décalage (signal non inversé), la chaîne de ZÉRO consécutifs la plus longue sera égale à $n - 1$. Si le signal est inversé, on obtiendra n ZÉRO consécutifs.

On peut produire des séquences pseudo-aléatoires présentant ces caractéristiques à l'aide de dispositifs autres que les registres à décalage.

3.1 *Mesures du taux d'erreur par l'intermédiaire d'embrouilleurs*

L'appareil soumis à l'essai peut contenir des embrouilleurs, ce qui risque de donner des résultats de mesures imprévus si la valeur de n décrite au § 3 comporte des multiples entiers communs au nombre d'étages de l'embrouilleur. Pour parer à cette éventualité, les valeurs de n choisies pour les séquences d'essais spécifiées récemment sont des nombres premiers.

3.2 *Perte de la synchronisation des séquences*

Les mesures de taux d'erreur sur les bits reposant sur des séquences pseudo-aléatoires ne peuvent être effectuées que si la séquence de référence produite à la réception du montage expérimental et la séquence reçue de l'équipement testé sont correctement synchronisées entre elles. Pour obtenir des résultats de mesures compatibles, il est nécessaire de spécifier les caractéristiques de la synchronisation des séquences.

Les caractéristiques suivantes s'appliquent à toutes les Recommandations de la série O qui ont trait aux mesures de qualité de fonctionnement en termes d'erreur par séquences pseudo-aléatoires.

On considère qu'il y a perte de synchronisation séquentielle et nécessité de reprise de la synchronisation:

- a) lorsque le taux d'erreur sur les bits est $\geq 0,20$ pendant un intervalle d'intégration d'une seconde; ou
- b) lorsqu'il peut être établi sans ambiguïté que la séquence d'essai et la séquence de référence sont déphasées.

Remarque – Pour reconnaître le déphasage, on peut évaluer la séquence d'erreurs obtenue par comparaison bit à bit. Lorsque la séquence d'erreurs présente la même structure que la séquence d'essai pseudo-aléatoire, on peut alors reconnaître le déphasage.

Le présent paragraphe appelle un complément d'étude.

3.3 *Mesures «en trame»*

Pour certaines mesures, il est nécessaire de transmettre la séquence d'essai sous forme de «contenu utile» d'une trame valable.

En ce cas, la transmission de la séquence d'essai est interrompue pendant la transmission des bits de verrouillage de trame.

3.4 *Mesures de la gigue*

Les séquences d'essai numériques ne servent pas seulement à mesurer le taux d'erreur, mais aussi à mesurer la fonction de transfert de la gigue ou la gigue admissible à l'entrée. A cet égard, il convient de veiller spécialement à la longueur de la séquence d'essai utilisée pour la mesure. En effet, si la séquence est trop courte (fréquence de répétition élevée de la séquence), la distribution spectrale du signal d'essai risque de différer considérablement des conditions réelles du trafic, auquel cas les résultats des mesures ne correspondront pas à la situation considérée (voir l'annexe A de la Recommandation G.823 [1]).

4 **Séquences d'essai numériques définies dans les Recommandations de la série O**

On trouvera ci-dessous les séquences d'essai numériques définies dans les Recommandations de la série O ainsi que leurs principales applications. Celles-ci sont présentées brièvement dans le tableau 1/O.150.

TABLEAU 1/O.150

Séquences d'essai numériques définies dans les Recommandations de la série O

Longueur de la séquence (bits)	Zéros consécutifs	Référence	Applications
$2^9 - 1$	8	O.153	Mesure du taux d'erreur sur les circuits de données fonctionnant à des débits binaires jusqu'à 14 400 bit/s
$2^{11} - 1$	10	O.152	Mesure du taux d'erreur et de la gigue sur les circuits à 64 kbit/s et $N \times 64$ kbit/s
$2^{15} - 1$	15	O.151	Mesure du taux d'erreur et de la gigue pour les débits binaires de 1544, 2048, 6312, 8448, 32 064 et 44 736 kbit/s
$2^{20} - 1$	19	O.153	Mesure du taux d'erreur sur les circuits de données fonctionnant à des débits binaires jusqu'à 72 kbit/s
$2^{20} - 1$	14	O.151	Mesure du taux d'erreur et de la gigue à des débits binaires de 1544, 6312, 32 064 et 44 736 kbit/s
$2^{23} - 1$	23	O.151	Mesure du taux d'erreur et de la gigue à des débits binaires de 34 368 et 139 264 kbit/s

4.1 Séquence d'essai pseudo-aléatoire de 511 bits

Cette séquence vise essentiellement à mesurer le taux d'erreur sur des circuits de données fonctionnant à des débits binaires jusqu'à 14 400 bit/s (voir la Recommandation O.153).

Elle peut être produite dans un registre à décalage à neuf étages dont les sorties des 5^e et 9^e étages sont ajoutées dans un étage d'addition modulo 2, le résultat étant réinjecté à l'entrée du 1^{er} étage. La séquence commencera par le premier UN de neuf UN consécutifs.

- Nombre d'étages du registre à décalage 9
- Longueur de la séquence pseudo-aléatoire $2^9 - 1 = 511$ bits
- Séquence de ZÉROS la plus longue 8 (signal non inversé)

4.2 Séquence d'essai pseudo-aléatoire de 2047 bits

Cette séquence est essentiellement destinée à mesurer le taux d'erreur et la gigue sur les circuits fonctionnant à des débits binaires de 64 kbit/s et $N \times 64$ kbit/s (voir les Recommandations O.152 et O.153).

Elle peut être générée dans un registre à décalage à onze étages, dont les sorties des 9^e et 11^e étages sont ajoutées dans un étage d'addition modulo 2, le résultat étant ramené à l'entrée du 1^{er} étage.

- Nombre d'étages du registre à décalage 11
- Longueur de la séquence pseudo-aléatoire $2^{11} - 1 = 2047$ bits
- Séquence de ZÉROS la plus longue 10 (signal non inversé)

Remarque 1 – Dans le cas de mesures à $N \times 64$ kbit/s, il faudra transmettre les blocs de 8 bits consécutifs de la séquence d'essai dans des intervalles de temps consécutifs. Il n'est pas nécessaire que le début de la séquence d'essai pseudo-aléatoire coïncide avec la répétition de la trame.

Remarque 2 – Un complément d'étude permettra de savoir si N peut être tout nombre compris entre 1 et 31.

4.3 Séquence d'essai pseudo-aléatoire de 32 767 bits

Cette séquence sert surtout à mesurer le taux d'erreur et la gigue à des débits binaires de 1544, 2048, 6312, 8448, 32 064 et 44 736 kbit/s (voir la Recommandation O.151).

Elle peut être produite dans un registre à décalage à quinze étages dont les sorties des 14^e et 15^e étages sont ajoutées dans un étage d'addition modulo 2, le résultat étant réinjecté à l'entrée du 1^{er} étage.

- Nombre d'étages du registre à décalage 15
- Longueur de la séquence pseudo-aléatoire $2^{15} - 1 = 32\,767$ bits
- Séquence de ZÉROS la plus longue 15 (signal inversé)

4.4 Séquence d'essai pseudo-aléatoire de 1 048 575 bits

Cette séquence sert surtout à mesurer le taux d'erreur sur les circuits de données fonctionnant à des débits binaires jusqu'à 72 kbit/s (voir la Recommandation O.153).

Elle peut être produite dans un registre à décalage à vingt étages, dont les sorties des 3^e et 20^e étages sont ajoutées dans un étage d'addition modulo 2, le résultat étant réinjecté à l'entrée du 1^{er} étage.

- Nombre d'étages du registre à décalage 20
- Longueur de la séquence pseudo-aléatoire $2^{20} - 1 = 1\,048\,575$ bits
- Séquence de ZÉROS la plus longue 19 (signal non inversé)

Remarque – Les deux séquences d'essai de longueur $2^{20} - 1$ bits décrites aux § 4.4 et 4.5 ne sont pas identiques, car on utilise des mécanismes de réinjection différents si les séquences sont produites au moyen de registres à décalage. La séquence définie au § 4.5 supprime les séquences consécutives de plus de 14 ZÉROS.

4.5 Séquence d'essai pseudo-aléatoire de 1 048 575 bits

Cette séquence sert surtout à mesurer le taux d'erreur et la gigue à des débits binaires de 1544, 6312, 32 064 et 44 736 kbit/s (voir la Recommandation O.151).

Elle peut être produite dans un registre à décalage de vingt étages, dont les sorties des 17^e et 20^e étages sont ajoutées dans un étage d'addition modulo 2, le résultat étant réinjecté à l'entrée du 1^{er} étage. Un bit de sortie est obligatoirement mis à UN lorsque les 14 bits précédents sont tous des ZÉROS.

- Nombre d'étages du registre à décalage 20
- Longueur de la séquence pseudo-aléatoire $2^{20} - 1 = 1\,048\,575$ bits
- Séquence de ZÉROS la plus longue 15 (voir la remarque)

Cette séquence pseudo-aléatoire répond à l'équation suivante:

$$\begin{aligned} Q_{n+1}(k+1) &= Q_n(k), \quad n = 1, 2, \dots, 19, \\ Q_1(k+1) &= Q_{17}(k) \oplus Q_{20}(k), \text{ et} \\ RD(k) &= Q_{20}(k) + \overline{Q_6(k) + \dots + Q_{19}(k)} \end{aligned}$$

où

- $Q_n(k)$ est l'état suivant pour l'étage de rang n ,
- $Q_n(k+1)$ est l'état suivant pour l'étage de rang n ,
- $RD(k)$ est la valeur actuelle de la sortie,
- $+$ est une opération logique OU,
- \oplus est une opération logique OU EXCLUSIF,
- $(\overline{\quad})$ est une opération logique NÉGATION.

Remarque – Les deux séquences d'essai de longueur $2^{20} - 1$ bits décrites aux § 4.4 et 4.5 ne sont pas identiques, car on utilise des mécanismes de réinjection différents si les séquences sont générées au moyen de registres à décalage. La séquence définie dans le présent paragraphe supprime les séquences consécutives de plus de 14 ZÉROS.

4.6 *Séquence d'essai pseudo-aléatoire de 8 388 607 bits*

Cette séquence sert surtout à mesurer le taux d'erreur et la gigue à des débits binaires de 34 368 et 139 264 kbit/s (voir la Recommandation O.151).

Elle peut être produite dans un registre à décalage de vingt-trois étages, dont les sorties des 18^e et 23^e étages sont ajoutées dans un étage d'addition modulo 2, le résultat étant réinjecté à l'entrée du 1^{er} étage.

- Nombre d'étages du registre à décalage 23
- Longueur de la séquence pseudo-aléatoire $2^{23} - 1 = 8\,388\,607$ bits
- Séquence de ZÉROS la plus longue 23 (signal inversé)

Références

- [1] Recommandation G.823 du CCITT *Régulation de la gigue et du dérapage dans les réseaux numériques fondés sur la hiérarchie à 2048 kbit/s.*

Imprimé en Suisse

Genève, 1993